

日本女子大学紀要 理学部 第14号 (2006)

医療の安全に有用な小児のバイOMETRICS 顔認証システムの構築

石川 麻美¹, 渡邊恵理子¹, 村上 保夫², 小舘香椎子¹¹日本女子大学 理学研究科 数理・物性構造科学専攻²財団法人 日本心臓血管研究振興会附属 榊原記念病院

(2005年12月19日受理)

要 旨 入退出管理などの顔画像認証システムでは、セキュリティチェックを希望する本人の正面平常顔をカメラで取得し、ID と併用したデータベース画像との 1 対 1 照合が行われている。これに対して街頭や空港に設置された監視カメラからの被疑者検出や医療現場における本人認証システムは、全くカメラを意識しない人の顔画像を画面上から検出・認証するので、様々な変化に十分対応可能なデータベースと高いロバスト性を持った認証アルゴリズムの確立が要求されている。また、言葉を話せない、何らかの理由で動けない患者や老人に対する個人認証や、患者の意志を認証できる技術が実現すれば、患者自身および医療現場で働く人々（介護負担者など）の負担が大幅に軽減できることが期待できる。これらの要求に対し、光の特性を生かし高速で相関演算可能な VanderLugt Correlator を原理とする、高速光並列相関器 Fast Face Recognition optical Correlator (FARCO) (1,000~4,000 faces/s) を構築している。このシステムを用い、入力、およびデータベースに時系列情報を用いた顔認証用アルゴリズムを適用し、ロバスト性の検討を行った。また、システムを想定したシミュレーションにより、動きの激しい小児・乳幼児を対象とした認証実験を行った結果、本人認証の可能性を得たので報告する。

キーワード：高速光並列相関器, 顔認証, 動画画像認証, 時系列情報, 医療, 小児・乳幼児

1. はじめに

生体情報を用いた個人認証技術は他人へのなりすましや、偽造を防ぐ有効な手段として期待されており、安全な社会の実現には不可欠な技術である¹⁾。特に、言葉を話せない、何らかの理由で動けない患者や老人に対する個人認証や、患者の意志を認証できる技術が実現すれば、患者自身および医療現場で働く人々（介護負担者など）の負担が大幅に軽減できることが期待されている。たとえば、病院や老後施設など、ID 番号や IC カードを用いて本人確認を行っているが、このような患者たちは撮影意志が全くないことから、日常で常に見える顔を利用することが得策であり、これらの人に対しては顔画像を画面上から検出・認証するので、様々な変化に十分対応可能なデータベースと高いロバスト性を持った認証アルゴリズムの確立が要求されている。既にソフトウェア化さ

れた顔認証ソフトは市販されているが、顔は複雑な 3 次元形状であるため、十分な認証精度が得られないことや、顔画像変化のカテゴリ数が多いことから大規模データベースに対応可能なシステムが必要である²⁾。

我々のグループでは、光の特性を生かし高速で相関演算可能な VanderLugt Correlator³⁾ を原理とする、高速光並列相関器 Fast Face Recognition optical Correlator (FARCO)⁴⁾ (1,000~4,000 faces/s) を構築している。このシステムを用い、入力及びデータベースに時系列情報を用いた顔認証用アルゴリズムを適用し、ロバスト性の検討を行った。また、システムを想定したシミュレーションにより、動きの激しい小児・乳幼児を対象とした認証実験を行い、本人認証の可能性の検討を行った。本稿は、2 節で構築した顔認証システムとそのアルゴリズム、および撮影意志のない人のための本人認証として多重データベースの検討について述べ、3 節では時系列画像を用いた認証実験として入院している患者を対象とし、医療の安心・安全を目指すべく、小児の評価実験をおこなっ

Contribution No.: MP 05-4

たので述べ、4 節でまとめとする。

2. 高精度顔認証システムの構築

2.1. 高速光並列相関器 Fast Face Recognition Optical Correlator (FARCO) システム

我々は 1,000~4,000 faces/s の速度で演算が可能で、画像入力から結果出力まで全自動の高速光並列相関器 Fast Face Recognition Optical Correlator (FARCO)⁴⁾ を構築している。構築した認証システムの構成図を Fig. 1 に示す。全自動顔認証システムは高速光並列相関器 FARCO とメイン制御用のパソコン (IBM Net Vista 1.4GHz, Memory, OS: win 2000) と画像入力用のパソコンとから構成されている。初めに顔画像撮影を行い、画像入力用パソコンに自動的に取り込み前処理を施す。前処理が行われた入力顔画像から相関フィルタを作製し、LAN 経由で制御用パソコンに転送する。転送された信号を受け、作製した相関フィルタと、同様にしてあらかじめ前処理されているデータベース画像とを FARCO にて光相関演算を行う。相関信号は PD にて取得し、後処理としてあらかじめ決められた閾値と比較して認証結果とする。FARCO の認証精度評価として、バイオメトリクス認証評価ガイドラインに沿った 300 人データベースを用いた結果、本人拒否率 (False Non Match Rate):

2.6%, 他人受け入れ率 (False Match Rate): 1.3% が得られており⁵⁾, データベース画像に対し、経時変化やめがね等の付属物のある顔、人間の目では本人と判断し難い濃い化粧に対しても十分に適応可能である。

現在の FARCO システムでは 1 ループの相関演算にかかる時間は 1 ms であるが、データベースの 4 並列化を行うと 4,000 faces/s の演算速度が可能なシステムとなっている⁶⁾。また、このシステムの構成は学内 LAN を利用しており、カメラと入力ソフトウェアがインストールされているコンピュータから、顔認証システム FARCO にアクセス可能な環境となっている。

2.2. 時系列情報を用いた顔認証システムアルゴリズム

これまでの顔認証システムでは真顔で正面を見つめ、顔画像撮影を行っていた。しかし、監視カメラなどの大量データベースからの被疑者検索や動きの多い人物からの検索のように、身構えることなく自然な体勢で認証処理をするためには、顔の向きや照明・角度など様々な環境に応じた問題があり、データベース 1 枚、入力画像 1 枚で認証処理を行うことは困難である。特に、小児・乳幼児のように動きが激しく、意思表示の出来ない被験者は、指示に従ってカメラを意識した顔画像の取得は難しいため、我々はデジタルビデオカメラを用いて動画像を

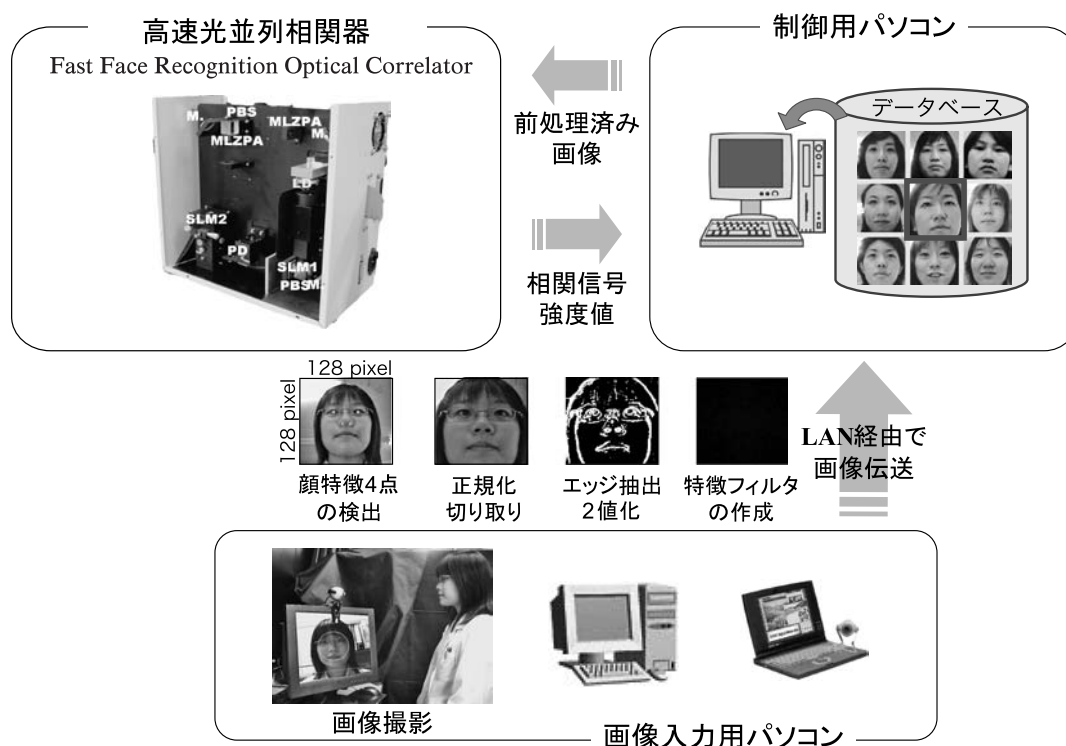


Fig. 1. Design of the control of the FARCO system, which consists of a main control computer for FARCO and a client computer for input images.

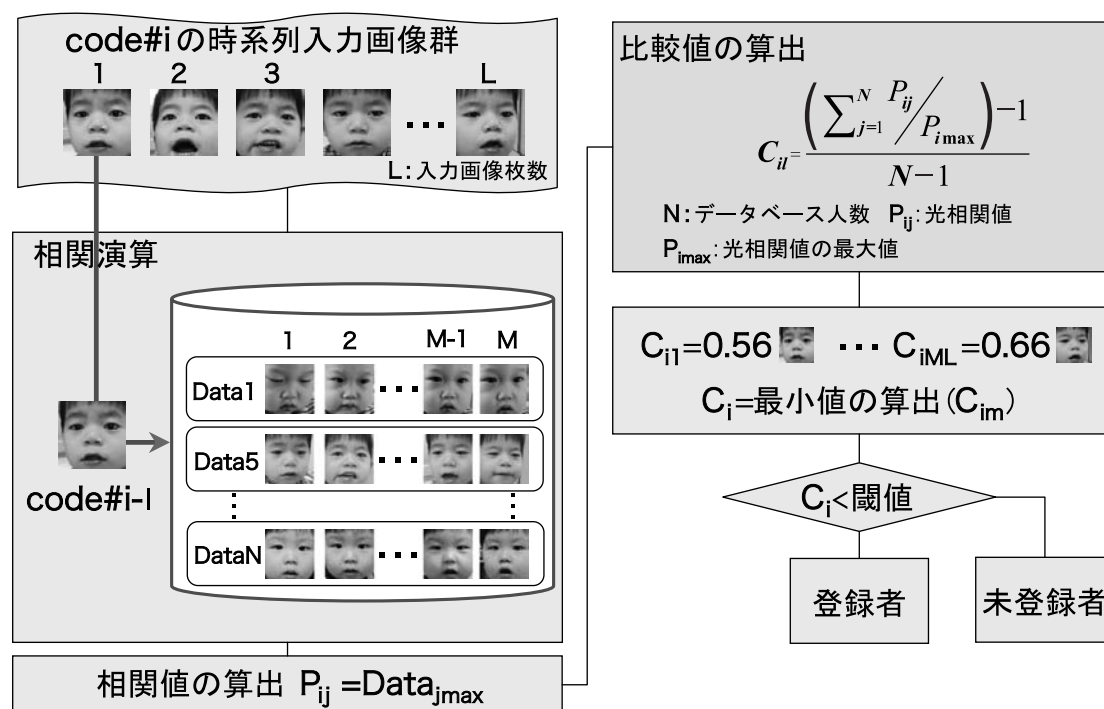


Fig. 2. Algorithm of the FARCO system.

取得し、動画像からの大容量の画像を用いたロバストな本人認証へ向けての検討を行う。

我々は、前節で述べた高速光並列相関器 FARCO の高速データ処理能力を活かし、動画像から切り取られた画像を用い、1人に対して多くのカテゴリデータを登録することで、ロバスト性の高い認証システムが構築できると考えた。提案する動画像認証用アルゴリズムを Fig. 2 に示す。従来では入力、データベース共に各人正面平常顔1枚を用いたアルゴリズムを用いていたが^{7, 8)}、動きの多い小児・乳幼児の顔画像認証への適用を目的としているため、ビデオカメラによって取得した時系列情報から切り出した大きさ、角度の様々な複数データベースを多重化して用いた。入力画像とデータベース画像は時系列に取り込まれたものとする。時系列から取り込まれた code#i の入力画像を1からL(枚)、data#i のデータベース画像を1からM(枚)とする。code#i1の入力画像に対して、N人のデータベース登録者 data#j と一人当たりの多重枚数Mの総枚数(N×M)枚と相関演算を行う。それぞれの入力画像に対して data#j の多重画像M枚中の最大強度値を、その登録者データの相関値(類似度) P_{ij} として表す。code#1とdata#1の中からの最大相関値を P_{i1} 、data#Nから得られた最大相関値を P_{ij} と表すことが出来る。1つの入力画像に対して得られたN(人)分の P_{ij} の値を用い、比較値 C_{ii} を算出する⁹⁾。得られたN個の C_{ii} 値の最小値を、入力画像 code#1 の比較値とす

る。同様の処理を全ての入力画像 code#1-L に対して施し、比較値 C_{ii} をL個算出する。code#1に対して得られたL個の比較値の最小値を、その本人の比較値とし、あらかじめ実験により決められていた閾値よりも低ければ登録者、閾値よりも高ければ未登録者として扱う。

3. 時系列データベースを用いた認証アルゴリズム適用実験

3.1. 医療現場におけるバイオメトリクス認証

医療現場において、言葉を話すことが出来ない、本人認証するすべのない患者の個人認証として、現在、ID番号を腕につけたり、IDカードを首にかけると、体に身につけて本人を認証する方法がとられている。より安心で安全な医療を目指すためにはバイオメトリクス認証が要求されている。中でも、本人認証意志のない小児・乳幼児の場合、顔がバイオメトリクス手段として最有力である。

医療現場ではセキュリティ度の高い個人認証を行う場面が多く、手術前の本人認証、輸血、食事制限や薬の投与、カルテの回覧、集中治療室への入退出など、様々な場面で個人認証が必要とされている。患者が緊迫・動揺しているため、手術前などで名前を呼ばれると、自分だと思ってしまうことや、精神・体力的余力がなく、覚えるといったパスワードは機能しないといった状況が考えられる。また、言葉の話せない・その他の障害を持った

人物に関しては、意志の伝達手段が無い、意識の障害がある（老人や手術直後）、徘徊性やもの忘れがあるといった状況が考えられ、健康な人とは異質の個人認証技術が必要とされる。



Fig. 3. Samples of taking a picture environment.

3.2. 撮影手法・実験方法について

従来の顔認証は入力、データベース共に各人正面平常顔1枚で検討を行っていたが、動きが多く撮影意思のない小児・乳幼児の顔画像認証への適用を目的とし、ビデオカメラにより動画を取得し、大きさ、角度など様々な画像切り出しを試みた。撮影には市販の30万画素のデジタルビデオカメラやWebカメラ等を用いた。撮影環境例をFig. 3に示す。撮影は、入院患者の手術前後や、プレイルームで遊んでいるときなどを対象としている。取り込まれた画像は、両目の2点の座標を1顔画像毎に100msで検出し、両目、鼻の穴の4点座標を用いるSmart Face Pro SDK（株東芝）¹⁰を用いて正規化・切り出し・回転補正・エッジ抽出・2値化処理を施し、マッチトフィルタを計算する⁴。小児の場合の切り取り画像例をFig. 4に示す。撮影時の小児は動きが激しいことが分かるが、提案した切り出し手法を用いることで角度・表情の様々な均一画像が切り取られていることが分かる。

3.3. 医療現場における小児の認証実験・結果

これまで我々は提案したアルゴリズムを用い、授業の出席管理を想定し、被験者が撮影する意思のある場合の

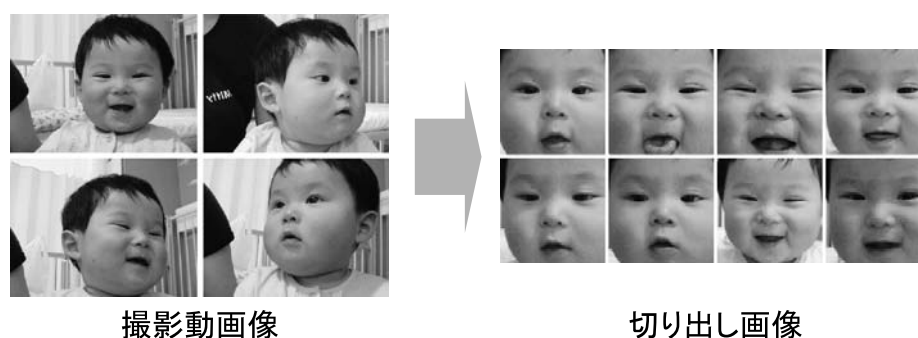


Fig. 4. Example of cutting out moving images.

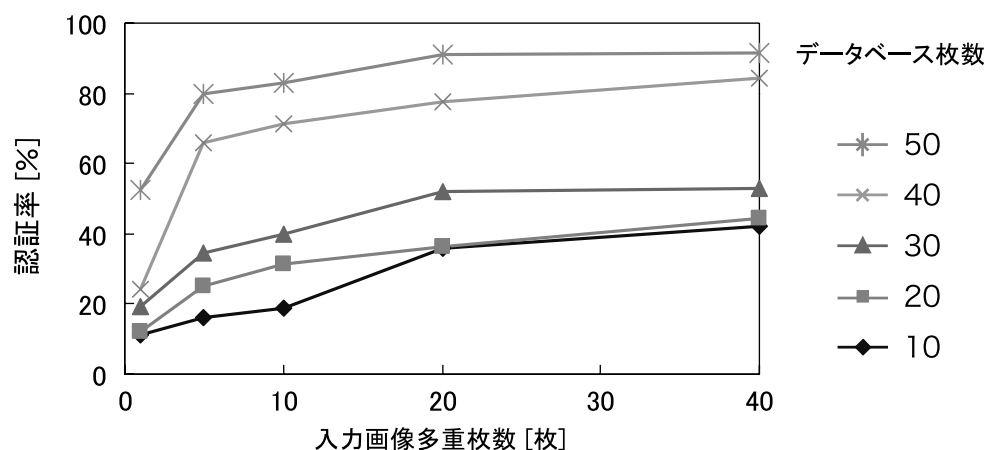
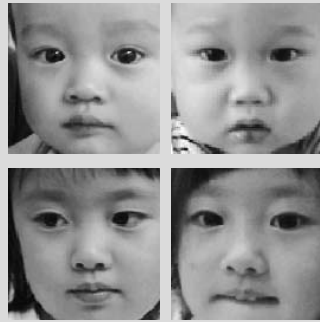


Fig. 5. Recognition results of using the moving images.

手術前後+角度+表情



付属物の有無



Fig. 6. Samples of input images that were successfully recognized by the FARCO system.

認証実験を行った結果、非常に高精度な結果を得ることが出来ている¹¹⁾。この結果をもとに、まったくカメラを意識しない被験者へ向けた応用を試みた。病院には言葉が話することが出来ない、あるいは手術後で動けない小児・乳幼児の患者が多く入院している。そこで、手術前後や経時変化への適応の評価実験として、4週間の経時変化データを用いてシミュレーション実験を行った。被験者は登録者27名、未登録者26名、計53名とした。実験には登録者の撮影第1週目をデータベース、2週目以降を入力画像とし、データベース・入力画像枚数を変化させ、システムを想定したシミュレーション認証実験を行った結果をFig. 5に示す。Fig. 5の結果グラフは横軸に1人当たりの入力画像多重枚数[枚]を1枚から40枚へと変化させたもの、縦軸は認証率[%]とし、1人当たりのデータベース多重枚数[枚]を10枚から50枚へと変化させてプロットしたものである。結果として、動画画像から取り込まれた画像を多重化し、入力とデータベースとして用いることで、1枚では認証困難な画像に対しても1人当たりのデータベース枚数50名、入力画像40枚の場合では、91.3[%]の高い認証率が得られている。また、この結果から、入力画像を多重化するよりもデータベースを多重化することで更に高い認証率が得られることが分かった。また、今回の認証実験結果からFig. 6に示すように、チューブの有無やおしゃぶりなどの付属物、手術前後や大きな角度がついている等、従来の1枚の正面平常顔では、認証が難しい顔画像に対しても本人と同定できる可能性を得られていることが分かった¹²⁾。

4. ま と め

動画入力に対して角度補正・大きさ補正を施し、更に切り出した入力、データベース画像を共に多重化することで、システムのロバスト性を高める動画応用アルゴリズムを検討提案した。このアルゴリズムを用い成長変化

の激しい小児・乳幼児を対象とし、チューブ・おしゃぶりなどをしている小児・乳幼児を含む53名の被験者を対象とした4週間の認証実験ではデータベース枚数50枚、入力40枚では91.3[%]の本人認証率、0[%]の他人受け入れ率が得られた。これにより、医療現場において自分から氏名を示すことのできない患者に対して、顔画像による身体特徴を用いて高精度な個人認証が可能であるという結果を得た。今後、データベース登録時に撮影した2枚の顔画像から作成した、3次元顔モデルをデータベースとして用いる事で、正面平常顔に限定されず、動画画像などの任意の角度を持つ顔に対して、本人認証が可能である3次元データベースの導入を検討することで更なる高精度化を目指す。また、データベースを最適化し、被験者数を増やすなど、認証精度評価に関する検討を進め、社会や医療現場の安心・安全な環境作りへの貢献を目指す予定である。

謝 辞：本研究の一部は日本女子大学小館研究室と榊原記念病院の村上保夫院長先生の共同研究として、日本心臓血管研究振興会付属榊原記念病院臨床研究助成を受けて行ったものである。また、高速光並列相関器 (FARCO) は科学技術振興機構 (JST) の独創モデル化Bにより、株式会社トプコンテクノハウスと共同で開発したものである。御尽力に感謝する。

参 考 文 献

- 1) 株式会社製作所：バイオメトリクスセキュリティ評価基準の開発 2003年度報告書。
- 2) 瀬戸洋一：生体認証技術 共立出版 (2002)。
- 3) A. Vanderlugt: *IEEE Trans. Inf. Theory* **IT-10** 139-145 (1964)。
- 4) E. Watababe, and K. Kodate: *Appl. Opt* **44** 5 666-676 (2005)。
- 5) E. Watanabe, and K. Kodate: *Opt. Rev.* **12** 6 460-466

- (2005).
- 6) M. Ohta, E. Watanabe, M. Ishikawa, and K. Kodate: *Optics Japan 2004* 116-117 (2004).
- 7) K. Kodate, A. Hashimoto, and R. Thapliya: *Appl. Opt.* **38** 3060-3067 (1999).
- 8) E. Watanabe, and K. Kodate: *ICO'04 TECHNICAL DIGEST* **13B1-4** 87-88 (2004).
- 9) K. Kodate, R. Inaba, E. Watanabe, and T. Kamiya: *Meas. Sci. Technol* **13** 1756-1766 (2002).
- 10) O. Yamaguchi, and K. Fukui: *IEICE Trans. Inf. Syst* **E86-D** 37-44 (2003).
- 11) 石川麻美, 渡邊恵理子, 有馬展子, 小館香椎子: *Optics Japan 2003* 148-149 (2003).
- 12) E. Watanabe, M. Ishikawa, Y. Murakami, and K. Kodate: *20th Congress of the International Commission for Optics* (2005).

Constructing a Biometric Face Recognition System in Medical Establishments for Children and Babies

Mami Ishikawa¹, Eriko Watanabe¹, Yasuo Murakami² and Kashiko Kodate¹

¹The Graduate School of Science, Division of Mathematical and Material Structure Science,
Japan Women's University

²Sakakibara Heart Institute

(Received December 19, 2005)

Abstract: Face recognition is used in a wide range of security systems, including identification in a fixed place, monitoring use of credit card, searching for individuals with street cameras via the Internet, and maintaining immigration control. However, until now, users have only seen a 1:1 verification system implemented in conjunction with identification (ID) card or an ID-less system with a small number of images in the database. For this purpose, a highly robust face recognition system needs to be developed successfully to meet demanding criteria, such as various changes in facial expressions. A technique for identifying individuals, if successfully developed and implemented in the field of medicine, will certainly reduce various sorts of burdens on practitioners, social workers and especially patients, who cannot speak, communicate on move. To meet these demands, we designed a fully automatic Fast Face Recognition Optical Correlator (FARCO) (1,000-4,000faces/s), based on VanderLugt correlator. Low error rates of 1.3 to FMR and 2.6 to FNMR were achieved. In the case of moving images, face recognition algorithm for FARCO using a temporal image sequence is proposed. In this paper, we apply this proposed algorithm to dramatic changes in the faces of children and babies in hospital, using the simulation. As a result, the system proved its capability for identifying moving images.

Key words: Fast Face Recognition Optical Correlator, face recognition, recognition of moving image, processing of image sequence, healthcare, child and baby